



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 34 15 032.3
㉑ Anmeldetag: 19. 4. 84
㉒ Offenlegungstag: 8. 11. 84

DE 3415032 A1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①
27.04.83 ZA 832959

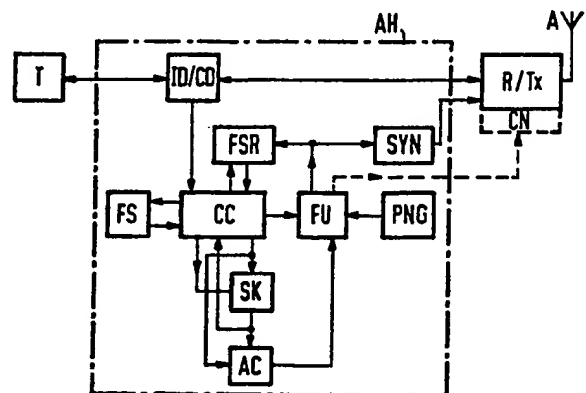
⑦① Anmelder:
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

⑦② Erfinder:
Herold, Andries, 8000 München, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur störresistenten Funkübertragung

Bei der Nachrichtenübertragung über Funkstrecken ist die Qualität der Übertragung nicht nur durch atmosphärische Störungen, sondern auch durch Signale beeinträchtigt, die gewollt oder ungewollt von der gleichen oder einer unmittelbar benachbarten Frequenz Gebrauch machen. Um hier eine höhere Störresistenz gegenüber solchen Signalen zu erreichen, ist es bekannt, bei der Signalübermittlung von einem Frequenzsprungverfahren Gebrauch zu machen, bei dem die Radioträgerfrequenz in kurzen Intervallen sprunghaft pseudozufällig innerhalb eines vorgegebenen Frequenzbereichs geändert wird. Wie die Praxis zeigt, kann auch hier die durch Signale innerhalb des von den Sprungfrequenzen verwendeten Frequenzbandes herrührende Störleistung noch relativ hoch sein. Es wird vorgeschlagen, zur weiteren Verbesserung der Störresistenz die Sprungfrequenzen auf mögliche Interferenzstörungen zu überwachen und sie bei Auftreten einer nicht mehr tolerierbaren Störhäufigkeit von ihrer weiteren Verwendung auszuschließen.



DE 3415032 A1

Patentansprüche

1. Verfahren zur blockweisen Übertragung von Nachrichten bzw. Daten über Funk zwischen zwei miteinander synchronisierten Stationen, bei dem die signalmodulierten Radio-
5 trägerfrequenzen im Rhythmus eines oder eines Mehrfachen der zu übertragenden Signalblöcke pseudozufällig innerhalb eines vorgegebenen Frequenzbandes sprunghaft wechseln, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
10 daß empfangsseitig innerhalb eines periodischen Meßzyklus (P) die hierin in Erscheinung tretenden Sprungfrequenzen daraufhin überwacht werden, ob und gegebenenfalls wie oft sie bei ihrem wiederholten Auftreten gestört sind und daß am Ende eines und vor Beginn eines
15 neuen Meßzyklus (P) die eine vorgegebene tolerierbare obere Störhäufigkeitsgrenze überschreitenden Sprungfrequenzen durch entsprechende synchrone Änderung des Frequenzsprungprogramms auf beiden Stationen (St1, St2) von einer weiteren Verwendung ausgeschlossen werden.
20
2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die ungestörte Übertragung jedes der aufeinander folgenden Signalblöcke von der sendenden Station von der empfangenden Station durch
25 Rücksendung eines Quittungssignals (ARQ) betätigt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß eine auszuschließende Sprungfrequenz im Frequenzsprungprogramm durch eine neue
30 bisher nicht vorgesehene Sprungfrequenz ersetzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß, wenn eine auszuschließende Sprungfrequenz im Bereich oberhalb bzw. unterhalb
35 der Mittenfrequenz des den Sprungfrequenzen zugeordneten Frequenzbandes liegt, die neue Sprungfrequenz im Fre-

quenzsprungprogramm in einem unmittelbaren Anschlußbereich unterhalb bzw. oberhalb der unteren bzw. oberen Grenzfrequenz dieses Frequenzbandes plaziert wird.

5 5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß die den Sprungfre-
quenzen verfügbare Gesamtbreite des Frequenzbandes bei
Ersatz von zu blockierenden Sprungfrequenzen durch neue
Sprungfrequenzen gleich bleibt.

10

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die
während eines Meßzyklus erarbeiteten Störhäufigkeitswerte
der als gestört erfaßten Sprungfrequenzen, soweit sie
15 nicht die zu tolerierende obere Störhäufigkeitsgrenze
überschreiten, jeweils multipliziert mit einem Faktor
 $K < 1$ in den folgenden Meßzyklus mit übernommen werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
die vorgegebene tolerierbare Störhäufigkeitsgrenze eine
frequenzabhängige Funktion ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die
Störhäufigkeitswerte der als gestört erfaßten Sprungfre-
quenzen über eine Vielzahl von Meßzyklen hinweg zur Ge-
winnung eines Störfrequenz-Häufigkeitsdiagramms aufad-
diert und in gespeicherter Form als Datenbasis für die
30 Einstellung der frequenzabhängigen Funktion einer vorge-
gebenen tolerierbaren Störhäufigkeitsschwelle zur Verfü-
gung steht.

Siemens Aktiengesellschaft
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 83 P 5354 DE

5 Verfahren zur störresistenten Funkübertragung

- Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur blockweisen Übertragung von Nachrichten bzw. Daten über Funk zwischen zwei miteinander synchronisierten Stationen,
- 10 bei dem die signalmodulierten Radioträgerfrequenzen im Rhythmus eines oder eines Mehrfachen der zu übertragenden Signalblöcke pseudozufällig innerhalb eines vorgegebenen Frequenzbandes sprunghaft wechseln.
- 15 Bei der Signalübertragung über eine Funkstrecke, beispielsweise eine Kurzwellenfunkstrecke, kann die Qualität der Übertragung nicht nur durch atmosphärische Störungen sondern auch durch unbeabsichtigte oder gar beabsichtigte Störungen erheblich beeinträchtigt oder gar die
- 20 Übertragung völlig unmöglich gemacht werden. Um insbesondere beabsichtigten Störern das Stören zu erschweren, d.h. die Störresistenz der Übertragungsstrecke zu verbessern, ist es beispielsweise durch die US-PS 3 696 306 bekannt, den signalmodulierten radiofrequenten Träger
- 25 innerhalb eines relativ breiten Frequenzbandes pseudozufällig sprunghaft zu ändern. Je schneller der Wechsel der aufeinander folgenden Sprungfrequenzen vorgenommen wird, desto schwerer hat es ein intelligenter Störer, sich auf die gerade vorhandene Sendefrequenz zu deren wirksamen
- 30 Störung einzustellen. Wie die Praxis jedoch zeigt, kann hierbei die wirksame Störleistung innerhalb eines solchen den Sprungfrequenzen zugewiesenen Frequenzbandes noch

Jae 1 Mai / 09.01.84

relativ groß sein. Dies ist dann der Fall, wenn innerhalb
des den Sprungfrequenzen zugeordneten Frequenzbandes noch
relativ viele Signale da sind, die mit den durch die ein-
zelnen Sprungfrequenzen gegebenen Signalkanälen interfer-
5 rieren.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die bei Anwen-
dung eines Frequenzsprungverfahrens erreichbare Större-
sistenz im Hinblick auf innerhalb des verfügbaren Fre-
10 quenzbereiches vorhandene zu Interferenzen Anlaß gebende
Signale wesentlich zu verbessern.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch Anwendung
eines adaptiven Frequenzspringens in der Weise gelöst,
15 daß empfangsseitig innerhalb eines periodischen Meßzyklus
die hierin in Erscheinung tretenden Sprungfrequenzen dar-
aufhin überwacht werden, ob und gegebenenfalls wie oft
sie bei ihrem wiederholten Auftreten gestört sind und daß
am Ende eines und vor Beginn eines neuen Meßzyklus die
20 eine vorgegebene tolerierbare obere Störhäufigkeitsgrenze
überschreitenden Sprungfrequenzen durch entsprechende
synchrone Änderung des Frequenzsprungprogramms auf beiden
Stationen von einer weiteren Verwendung ausgeschlossen
werden.

25 Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß sich die
Störresistenz eines mit Frequenzsprung arbeitenden Funk-
übertragungsverfahrens wesentlich verbessern läßt, wenn
mittels einer während des Übertragungsablaufs leicht
30 durchzuführenden Signalanalyse des verwendeten Frequenz-
bandes über die Erfassung gestörter Sprungfrequenzen das
Sprungfrequenzprogramm so an die vorherrschenden Signal-
verhältnisse angepaßt wird, daß die Signalübertragung
durch die im Frequenzband weiterhin vorhandenen Signale
35 möglichst wenig gestört wird.

Besonders günstig gestalten sich in diesem Zusammenhang die Verhältnisse, wenn die ungestörte Signalübertragung jedes der aufeinander folgenden Signalblöcke von der sendenden zu der empfangenden Station der sendenden Station von der empfangenden Station durch Rücksendung eines Quittungssignals bestätigt wird. In diesem Falle werden auf beiden Stationen in gleicher Weise gestörte durch die Sprungfrequenzen gegebenen Signalkanäle erfaßt. Diese Erfassung ermöglicht es, ohne zusätzliche Maßnahmen jeweils am Ende eines Meßzyklus die gegebenenfalls erforderliche Änderung des Frequenzsprungprogramms synchron durchzuführen. Erfolgt die Erfassung der gestörten Kanäle lediglich auf einer Stationsseite, ist es erforderlich, am Ende eines Meßzyklus entsprechend dem Meßergebnis die gegebenenfalls durchzuführende Änderung des Frequenzsprungprogramms auf der fernen Station durch eine zu ihr zu übertragende Mitteilung zu ermöglichen.

Zweckmäßig wird eine auszuschließende Sprungfrequenz im Frequenzsprungprogramm durch eine neue bisher nicht vorgesehene Sprungfrequenz ersetzt, so daß die Gesamtzahl der verfügbaren Sprungfrequenzen stets gleichbleibt. Auf diese Weise wird erreicht, daß durch den Wegfall auszuschließender Sprungfrequenzen die Störresistenz der Übertragung gegenüber intelligenten Störern nicht vermindert wird.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Patentansprüchen 4 bis 7 angegeben.

30

Anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels soll die Erfindung im folgenden noch näher erläutert werden. In der Zeichnung bedeuten

- Fig. 1 das Blockschaltbild einer aus zwei Stationen bestehenden Funkübertragungsstrecke, die für ein Übertragungsverfahren nach der Erfindung ausgelegt ist,
- 5 Fig. 2 das nähere Schaltungsdetails aufweisende Blockschaltbild einer Station nach Fig. 1,
- Fig. 3 eine bevorzugte Ausführungsform eines Adressenwandlers der adaptiven Frequenzsprungschaltung nach Fig. 2,
- 10 Fig. 4 die Wirkungsweise der Schaltung nach Fig. 2 näher erläuternde Frequenzsprungprogramme.

Fig. 1 zeigt zwei Stationen St1 und St2, die mit ihren Antennen A über eine Funkstrecke miteinander in Verbindung stehen und für Simplexbetrieb ausgelegt sind. Jede

15 der beiden Stationen St1 und St2 besteht aus einem Endgerät T, das über eine adaptive Frequenzsprungschaltung AH mit dem Transceiver R/Tx in Verbindung steht. Am prinzipiellen Aufbau der adaptiven Frequenzsprungschaltung AH

20 ändert sich prinzipiell nichts, wenn die beiden Stationen für Halbduplex- oder Duplexbetrieb ausgelegt sind, so daß sich die folgenden Ausführungen auf die Auslegung der Übertragungsstrecke für Simplexbetrieb entsprechend Fig. 1 beschränken können.

25

Wie das nähere Schaltungsdetail der adaptiven Frequenzsprungschaltung AH nach Fig. 2 erkennen läßt, weist sie im Verbindungsweg zwischen dem Endgerät T und dem Transceiver R/Tx einen Detektor ID/CD auf, der bei Anwendung

30 des sogenannten ARQ, wie es beispielsweise in der Literaturstelle L. Wiesner, Telegraph and Data Transmission over Shortwave Radio Links, Second edition, Heyden & Son Ltd., Seiten 106 bis 119 ausführlich beschrieben ist, eine ARQ-Einrichtung darstellt, die bei ungestörtem Empfang

35 eines Signalblocks an die sendende Station ein Quittungssignal und ansonsten ein Fehlersignal abgibt. So-

- fern die Übertragung in einem normalen Simplex- oder Duplexverfahren erfolgt, hat der Detektor ID/CD die Aufgabe, sowohl Betriebsstörungen übertragener Signalblöcke anzuzeigen als auch Mitteilungen der fernen sendenden
- 5 Station über auf der Sendeseite vorgenommene Änderungen des Frequenzsprungprogramms zu erfassen und an die Rechen- und Steuerschaltung CC weiterzuleiten.

- Die in einem Frequenzsprungprogramm festgelegten Änderungen der Radioträgerfrequenzen für den Transceiver R/Tx werden vom Synthesizer SYN erzeugt, der seinerseits von einem Frequenzadressenregister FU angesteuert wird. Die im Rhythmus des Frequenzwechsels dem Synthesizer zugeführten Frequenzadressen werden aus dem Frequenzad-
- 15 senregister FU von einem Pseudozufallsgenerator PNG aufgerufen, der die pseudozufällige Erzeugung der Radioträgerfrequenzen innerhalb eines Frequenzbereiches gewährleistet, der durch die Gesamtheit der im Frequenzad-
- 20 senregister gespeicherten Frequenzadressen gegeben ist. Die auf der Ausgangsseite des Frequenzadressenregisters FU auftretenden Frequenzadressen werden gleichzeitig einem Frequenzadressenspeicher FSR zugeführt, der in Form eines Schieberegisters ausgeführt sein kann und für eine ausreichende Anzahl von aufeinander folgenden Frequenz-
- 25 adressen ausgelegt ist, die durch die Größe eines noch näher zu erläuternden Meßzyklus und die Anzahl der während eines Meßzyklus auftretenden Frequenzen bestimmt ist.
- 30 Die Rechen- und Steuerschaltung CC ist mit dem Frequenzadressenspeicher FSR verbunden und ermittelt im Frequenzadressenspeicher FSR jeweils diejenige Frequenzadresse, die der Trägerfrequenz eines vom Detektor als gestört empfangenen Signalblocks entspricht. Diese Frequenzad-
- 35 se wird dann über die Rechen- und Steuerschaltung CC in den Fehlerspeicher FS eingegeben und dort festgehalten. Gleichzeitig wird die Fehlerzahl der Frequenzadresse

eines als gestört gemeldeten Signalblocks jeweils um eine Einheit im Fehlerspeicher FS erhöht, wenn innerhalb eines durch die Rechen- und Steuerschaltung vorgegebenen Meßzyklus P diese Frequenzadresse wiederholt vom Detektor
5 ID/CD in Form eines gestörten Signalblockes der Rechen- und Steuerschaltung gemeldet wird.

Am Ende eines Meßzyklus werden die ermittelten, verschiedenen Frequenzadressen zugeordneten und im Fehlerspeicher
10 gespeicherten Fehler von der Rechen- und Steuerschaltung CC aus dem Fehlerspeicher FS ausgelesen und einem Vergleich SK zugeführt, an dessen zweiten Eingang die noch zu tolerierende obere Grenze der Störhäufigkeit in Form eines Schwellwertes ansteht. Dieser Schwellwert kann eine
15 Funktion der Frequenz sein, sofern die tolerierbare Störhäufigkeit, beispielsweise für Frequenzen im unteren Bereich des den Sprungfrequenzen verfügbaren Frequenzbereichs größer sein darf als bei Frequenzen in dessen oberem Bereich. Wird diese Schwelle für die eine oder andere
20 Frequenzadresse überschritten, dann wird für diese Frequenzadresse über den Entscheider SK der Adressenwandler AC aktiviert. Diese Aktivierung bedeutet, daß der Adressenwandler AC über seinen Ausgang hinweg die ihm angegebene Frequenzadresse im Frequenzadressenregister FU mit
25 einer anderen Frequenzadresse überschreibt und damit die als gestört erkannte Radioträgerfrequenz für den weiteren Betrieb blockiert wird. Gleichzeitig werden diese Frequenzadressen wiederum der Rechen- und Steuerschaltung gemeldet.

30

Die Rechen- und Steuerschaltung multipliziert nunmehr den Inhalt des Fehlerspeichers FS, soweit die Inhaltsangabe des Fehlerspeichers FS nicht zur Blockierung einer Frequenzadresse geführt haben, mit einem Faktor $k < 1$ und
35 speichert diese Ergebnisse dann wiederum für den weiteren Meßzyklus in den Fehlerspeicher FS ein. Weiterhin wird,

falls dies erforderlich sein sollte - bei ARQ besteht dieses Erfordernis nicht - die überschriebene Frequenzadresse vom Frequenzadressenregister FU über eine Änderungsmeldeschtaltung CN dem Tranceiver R/Tx zur Übertragung dieser Information an die ferne Station zugeführt.

5 Um diese Vorgänge bei normalen Arbeitsgeschwindigkeiten üblicher Rechen- und Steuerschaltungen durchführen zu können, dürfte es zweckmäßig sein, zwischen dem Ende eines Meßzyklus P und dem Beginn eines weiteren Meßzyklus

10 ein signalblockfreies Zeitintervall auf der Übertragungsstrecke vorzusehen, in dem dann auch die evtl. erforderliche Änderungsinformation für das Frequenzadressenregister FU zur fernen Station übertragen und dort für die entsprechende Änderung des Frequenzadressenregisters FU

15 ausgewertet werden kann.

Fig. 3 zeigt eine besondere Ausführung eines Adressenwandlers AC nach Fig. 2, dem die Vorstellung zugrunde liegt, daß als gestört erkannte Radioträgerfrequenzen,

20 sofern sie nicht nur gelöscht, sondern durch neue Radioträgerfrequenzen zu ersetzen sind, die neuen Radioträgerfrequenzen einen möglichst großen (Frequenzversatz) Frequenzabstand von den ursprünglichen gestörten Radioträgerfrequenzen haben sollen. Um dies zu verwirklichen,

25 weist der Adressenwandler AC einen oberen und einen unteren Versatzzähler OEZ und UEZ auf, die ein- und ausgangsseitig über Umschalter S1 und S2 wahlweise an den eigentlichen Ein- und an den eigentlichen Ausgang des Adressenwandlers anschaltbar sind. Die Stellung der Umschalter S1 und S2 wird vom Ausgang einer Frequenzvergleichsschaltung FC gesteuert, deren erster Eingang dem

30 Eingang des Vergleichers SK parallel geschaltet ist und deren zweiter Eingang mit einem Frequenzspeicher FM in Verbindung steht, der die der Mittenfrequenz des den

35 Sprungfrequenzen verfügbaren Frequenzbereiches entsprechende Frequenzadresse enthält.

Meldet der Vergleicher SK eine Frequenzadresse als gestört, dann schalten die Umschalter S1 und S2 Ein- und Ausgang dann an den oberen Versatzzähler OEZ, wenn die dieser Frequenzadresse zugehörige Radioträgerfrequenz unterhalb der im Frequenzspeicher FM gespeicherten, der Mittenfrequenz entsprechenden Frequenzadresse liegt. Entspricht die gestörte Frequenzadresse dagegen einer Radioträgerfrequenz oberhalb der Mittenfrequenz des verfügbaren Frequenzbereiches, dann schalten die Umschalter S1 und S2 Ein- und Ausgang auf den unteren Versatzzähler UEZ. Der obere und der untere Versatzzähler OEZ und UEZ haben eine Grundstellung, die jeweils einer Frequenzadresse entspricht, die unmittelbar an die unterste bzw. oberste Frequenzadresse des Frequenzadressenbereichs anschließen. Bei einer Aktivierung geben sie ihren Wert an den Frequenzadressenregister FU zur Überschreibung der betreffenden als gestört gemeldeten Frequenzadresse ab und erhöhen anschließend ihren Wert um Eins. Auf diese Weise wird erreicht, daß als gestört gemeldete Frequenzadressen im unteren und im oberen Frequenzbereich bei Ersatz durch neue Frequenzadressen den Frequenzbereich nach oben und unten erweitern. Damit wird erreicht, daß die Gesamtbreite des den Sprungsfrequenzen verfügbaren Frequenzbereichs und die Zahl der verfügbaren Sprungfrequenzen in wünschenswerter Weise unabhängig von der Anzahl der durchgeführten Frequenzänderungen konstant bleiben.

Zum besseren Verständnis der adaptiven Frequenzsprungschaltung nach den Figuren 2 und 3 sind in den Figuren 4 noch einige Frequenz-Zeitdiagramme a, b, c, d und e dargestellt. Im Zeitdiagramm a bedeutet die Zahlenkette, die vom Pseudozufallsgenerator PNZ nach Fig. 2 in zeitlicher Folge erzeugten Zufallszahlen 52, 3, 24, 5 ... denen im Diagramm b die entsprechenden Frequenzen F52, F3, F24, F5, F1 ... zugeordnet sind. Im Diagramm b sind

M
- 8 -

VPA 83 P 5354 DE

einige der Frequenzen, und zwar die Frequenzen F_3 , F_5 und F_r mit einem Sternchen versehen. Die Sternchen sollen andeuten, daß bei Auftreten dieser Frequenzen eine Störung registriert wird. Im Zeitpunkt t_1 ist für die Frequenz F_3 ,
5 im Zeitpunkt t_2 für die Frequenz F_5 und im Zeitpunkt t_3 für die Frequenz F_r , wobei r irgendeine Zahl darstellt, eine Fehlerhäufigkeit erreicht, bei der der Vergleich SK nach Fig. 2 anspricht und demzufolge diese Frequenzen durch neue Frequenzen zu ersetzen sind.

10

Im Diagramm d sind die möglichen, vom Pseudozufallsgenerator PNZ erzeugbaren Zahlen in der richtigen Reihenfolge geordnet und im Diagramm e wird gezeigt, wie nunmehr mit Hilfe des Adressenwandlers AC nach Fig. 3 im Frequenz-
15 adressenregister FU nach Fig. 2 die Zuordnung der Zahlenfolge des Diagramms d zu einer Änderung der Frequenzfolge aus n Frequenzen im Diagramm e führt. Demnach wird nunmehr der Zahl 3 die Frequenz E_3 oberhalb der Frequenz F_n , der Zahl 5 die Frequenz E_5 oberhalb der neuen
20 Frequenz E_3 und der Zahl r in der oberen Zahlenhälfte des Diagramms d die Frequenz E_r unterhalb der Frequenz F_1 zugeordnet. Es wird deutlich, daß bei dieser Art der Adressenveränderung auch die Bandmitte bm des den Sprungfrequenzen verfügbaren Frequenzbereiches wenigstens annä-
25 hernd erhalten bleibt.

Der Fehlerspeicher FS kann auch für die Speicherung der Gesamtzahl der im Frequenzadressenregister FU abspeicherbaren Frequenzadressen bemessen sein. In dieser Form kann
30 in ihm über Stunden, Tage und Wochen hinweg durch ständiges Aufaddieren der gestörten Frequenzen während der Betriebszeiten ein Störfrequenz-Häufungsdiagramm für den verfügbaren Frequenzbereich erstellt werden, das wiederum für die Einstellung der frequenzabhängigen Schwelle des
35 Vergleichers SK als Datenbasis zur Verfügung steht. Zweckmäßig wird hierbei die Schwelle für Frequenzteil-

19.04.84

3415032

12
- 10 -

VPA 83 P 5354 DE

bereiche, die als besonders gestört erkannt sind, niedriger angesetzt als für die übrigen Frequenzteilbereiche des verfügbaren Sprungfrequenzbereiches.

- 5 8 Patentansprüche
- 4 Figuren

-13-
- Leerseite -

This Page Blank (uspto)

FIG 1

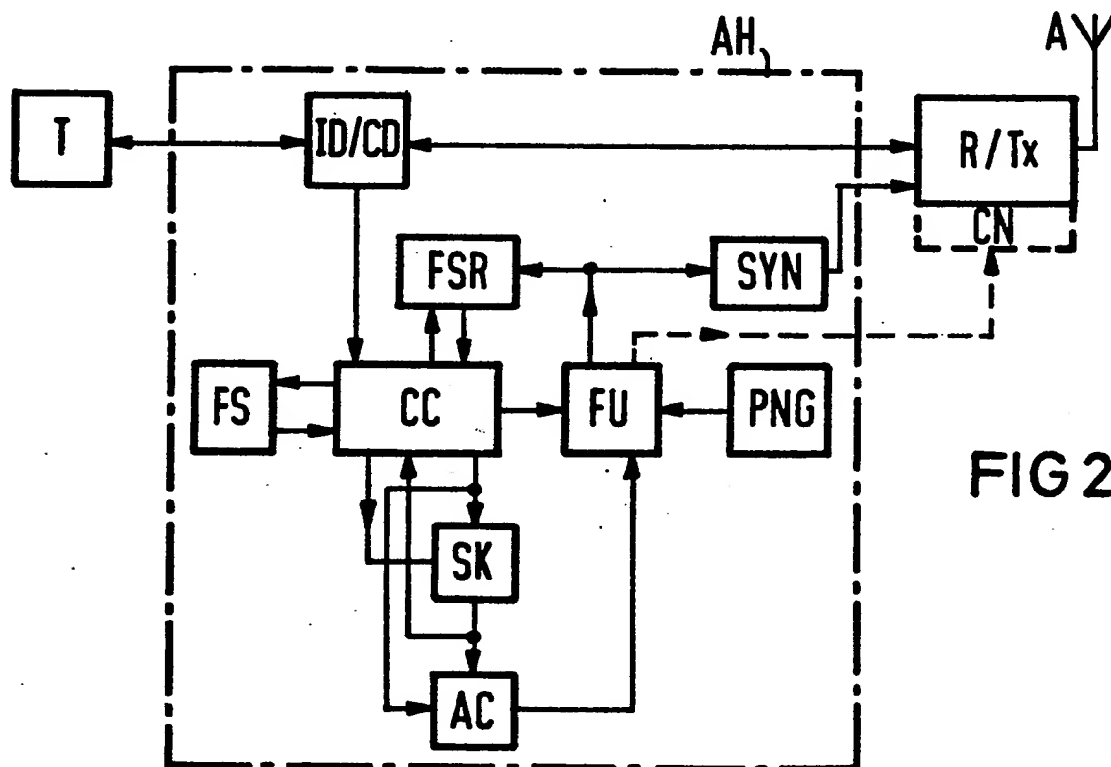
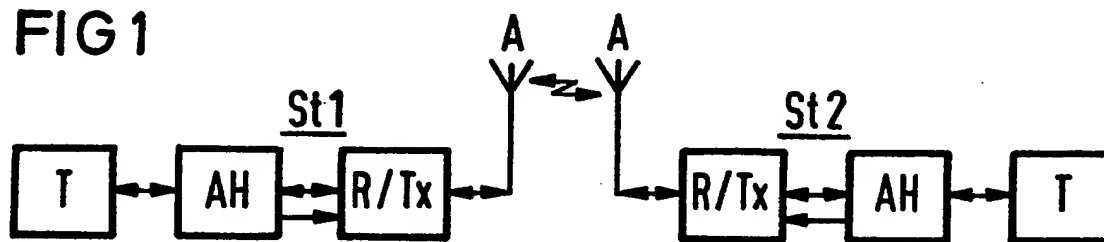


FIG 2

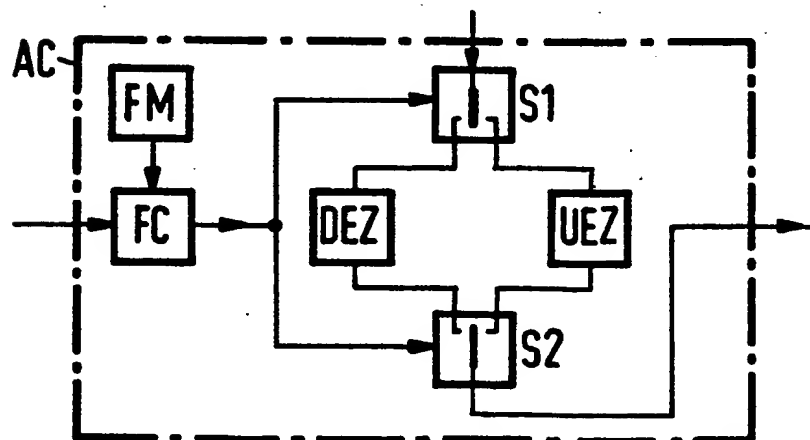


FIG 3

FIG 4

